

**BEST AVAILABLE COPY**

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-346355  
(43)Date of publication of application : 03.12.2002

(51)Int.CI. B01F 5/06  
B01F 3/08  
G01N 1/00  
G01N 1/10  
G01N 35/10  
G01N 37/00

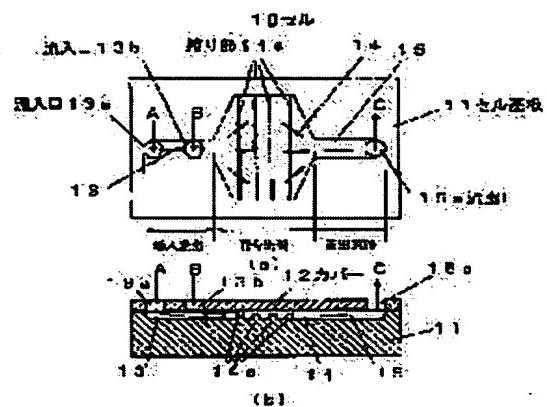
(21)Application number : 2001-158051 (71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD  
(22)Date of filing : 28.05.2001 (72)Inventor : MATSUBARA TAKESHI

**(54) MICRO-MIXER**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a micro-mixer capable of efficiently mixing a trace amount of liquid with a small sized and simple structure and capable of realizing the production with the smaller number of processing steps.

**SOLUTION:** In a cell 10 obtained by superposing and joining a cell substrate 11 and a cover 12, an etching processing is applied onto an upper surface side of the cell substrate to form an introduction flow passage 13 corresponding to liquids A, B, a mixing flow passage 14 and a flow out passage 15 for a mixed liquid C. The mixing flow passage is made to a flat flow passage in which a width of the flow passage is enlarged as compared with those of the introduction flow passage and the flow out passage. A plurality of projected throttle parts 15a extending to a direction crossing the flow passage are formed on a bottom surface side thereof. The liquids A, B fed from inlets 13a, 13b are effectively mixed by a disturbance flow generated at the throttle part of the mixing flow passage.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

3

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-346355

(P2002-346355A)

(43) 公開日 平成14年12月3日 (2002.12.3)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	マーク(参考)
B 01 F	5/06	B 01 F	5/06
	3/08		3/08
G 01 N	1/00	G 01 N	1/00
	1/10		1/10
	35/10		37/00
			1 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 3 OL (全 5 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-158051(P2001-158051)

(71) 出願人 000005234

富士電機株式会社

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

(22) 出願日 平成13年5月28日 (2001.5.28)

(72) 発明者 松原 健

神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号

富士電機株式会社内

(74) 代理人 100088339

弁理士 篠部 正治

F ターム(参考) 2G052 AB27 AD26 CA03 FB03 FB09

JA01

2G058 DA09 EA14 FA08

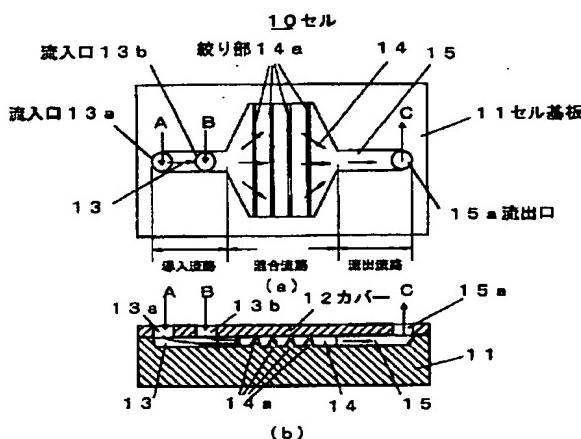
4G035 AB37 AC26 AE13

(54) 【発明の名称】 マイクロミキサ

(57) 【要約】

【課題】 小形、簡易な構造で微量な液体を効率よく混合でき、しかも少ない加工工程での製作が実現できるマイクロミキサを提供する。

【解決手段】 セル基板11とカバー12を重ね合わせて接合したセル10に対し、セル基板の上面側にエッチング加工を施して液体A、Bに対応する導入流路13、混合流路14および混合液体Cの流出流路15を形成するとともに、混合流路はその流路幅を導入流路、流出流路よりも拡大した偏平状流路となし、かつその底面側には流路を横切る方向に延在する複数条の凸状絞り部15aを形成し、流入口13a、13bから供給した液体A、Bを、混合流路の絞り部に発生する擾乱流で効果的に混合させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】外部から供給した複数種類の微量な液体を混合して取り出すマイクロミキサであり、セル内に各液体の導入流路、混合流路および混合液体の流出流路を形成するとともに、混合流路はその流路幅を導入流路、流出流路よりも拡大した偏平状流路となし、かつその流路に沿って局部的に流路断面を狭める複数の絞り部を直列に並べて形成したことを特徴とするマイクロミキサ。

【請求項2】請求項1記載のマイクロミキサにおいて、セルをセル基板と該基板の上面にカバーを重ね合わせた積層体で構成し、かつその混合流路をセル基板の上面側に凹状に彫り込んで形成するとともに、該混合流路に沿ってその底面側には流路を横切る方向に延在する複数条の凸状絞り部を形成したことを特徴とするマイクロミキサ。

【請求項3】請求項1記載のマイクロミキサにおいて、導入流路の入口および流出流路の出口を、セル内の導入流路に連ねてセルの上面もしくは前後端面に開口したことを特徴とするマイクロミキサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、外部から供給した複数種類の微量な液体を混合するマイクロミキサに関する。

## 【0002】

【従来の技術】化学分析・医療分野などで利用されるマイクロ分析計や薬品の定量混合に適用して微量な液体を混合する装置として、頭記のマイクロミキサが知られている。このマイクロミキサは、分析に用いる試料が微量しか得られない場合や、混合する試薬が高価な場合など、混合する試料・試薬の量を微量にして装置のランニングコストの低減、および試薬補充の手間を省くために、できるだけ小型で混合性能の高いものが要求されている。

【0003】すなわち、流路幅が数 $\mu\text{m}$ ～1mm程度のオーダーである微小な流路を有する流体デバイスに水程度の粘性を持つ液体を流した場合には、そのレイノルズ数は1～数10のオーダーで極めて小さいため、微小な流路の中で異種の液体を層流の状態で混合させようとすると、液体の混合は各層流の接触面を介して分子拡散により行われる。例えば、流路の入口で等濃度になるように2種類の液体を供給し、流速0で放置した状態で流入口から離れた場所における濃度変化を拡散方程式から見積もると、液体分子の拡散係数を $1 \times 10^{-9}$ とした場合には、流入口から0.1mm離れた地点の濃度が流入口濃度の50%になるまでには約10秒の時間が必要である。このように、分子拡散に依存した液体の混合には長時間が必要であることから、異種の液体を入口から連続的に供給して混合させようとすると、その流路長を長くして液体同士の接触時間を長くして混合させるといった工夫

が必要となる。

【0004】次に、フローインジェクション法によるCOD（化学的酸素要求量）測定装置を例とした従来例の構成を図4に示す。この測定装置は、タンク1から試薬（K, Cr, O, ）を送液する高圧ポンプ2と、外部から試料液を注入して試薬と合流させる注入装置3と、恒温槽4と、試料と試薬を恒温槽内で混合させるスタティックミキサとしての反応管5と、反応管5から出た混合液の分光光度を測る分光光度計6と、背压管7とからなる。ここで、反応管5はφ0.6mmの円管をコイル状に巻回したものであり、試料と試薬の混合および反応に十分な時間を確保するよう反応管5の全長は混合する試薬の種類により数10cm～数10mにおよぶ。そのため装置が大型化し、分析に消費する試料、試薬が多量に必要になるといった問題がある。

【0005】一方、化学分析装置に組み込んで試料、試薬を混合させるスタティックマイクロミキサの従来例として、特開平9-234642号公報に開示されているマイクロミキサの構造を図5に示す。このマイクロミキ

20 サでは、シリコン基板8の上面側に形成した凹状の混合流路9の底面に多数の微小ノズル9aを穿孔し、この混合流路9に試料液を流す際に、流路底面に設けた微小ノズル9aを通じて基板8の裏側から供給される試薬液を噴出して試料と試薬を混合流路9で混合するようしている。ここで、微小ノズル9aは例えば0.04mm□の穴であり、該ノズルを通じて混合通路9に吐出された試薬が分子拡散により試料と混合される。この構成では、ノズルの数を多くすることで、試料液と試薬液の接触面積が増加されて短時間での混合が可能である。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図5に示した従来構造のマイクロミキサでは、ミキサ部を構成する基板8に凹状の混合流路9、および該混合流路の底面側に多数の微小ノズル9aを形成するために、シリコン基板8の表裏両面からエッティング加工を行うう必要があります、このために表裏両加工面の位置合わせに高い加工精度が要求されるほか、フォトリソグラフィによるマスキング工程、エッティング工程を含めた工程数が増えるなどして製作コスト高となる。

【0007】本発明は上記の点に鑑みなされたものであり、その目的は小形かつ簡易な構造で微量な液体を効率よく混合でき、しかも基板の加工はマイクロマシーニングの加工技術を使って基板の片面側からのみ加工する少ない工程で製作できるようにしたマイクロミキサを提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明によれば、セル内に各液体の導入流路、混合流路および混合液体の流出流路を形成するとともに、混合流路はその流路幅を導入流路、流出流路よりも拡大

した偏平状流路となし、かつその流路に沿って局部的に流路断面を狭める複数の絞り部を直列に並べて形成する（請求項1）ものとし、具体的には次記のような態様で構成、加工する。

【0009】(1) セルをセル基板と該基板の上面にカバーを重ね合わせた積層体で構成し、かつその混合流路をセル基板の上面側に凹状に彫り込んで形成するとともに、該混合流路に沿ってその底面側には流路を横切る方向に延在する複数条の凸状絞り部を形成する（請求項2）。

(2) 導入流路の入口および流出流路の出口を、セル内の導入流路に連ねてセルの上面もしくは前後端面に開口して形成する(請求項3)。

〔0010〕上記の構成において、入口を通じて外部からセル内に供給した異種の微量な液体（試料液と試薬液）は、導入流路内で合流した後に流路幅が拡大した混合流路に進入して互いに接触し合いながら分子拡散による混合が進み、さらにこの混合流路に沿ってその底面側に形成した凸状絞り部を通過するたびに通流方向および垂直方向の流速が繰り返し変化して発生した攪乱流によって混合が効果的に促進される。

【0011】しかも、各流路を凹状流路として混合流路の底面側に凸状の絞り部を形成したことにより、セル基板に対してエッチングによる彫り込みを基板の片側面からのみ行うだけの少ない加工工程で、各流路および凸状絞り部を同時に形成することができる。

[0012]

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図示実施例に基づいて説明する。

〔実施例1〕図1(a),(b)において、10はマイクロミキサのセル(ハウジング)で、セル基板(シリコン基板)11と、該基板の上面に接合したカバー(ガラス基板)12との組立体からなり、セル基板11の上面側には混合する2液(例えば試料液と試薬液)を供給する導入流路13、混合流路14、および流出流路15が直列に連なって後記のような加工方法で形成されており、さらにカバー12の両端部には導入通路13に通じる二箇所の流入口13a、13b、および流出流路15に通じる出口15aが開口している。

【0013】ここで、前記の導入流路13、混合流路14、および流出流路15は凹溝としてセル基板11の上面側に彫り込まれている。また、混合流路14はその流路幅を前後の導入流路13、流出流路15より拡大した偏平状の流路となし、かつ導入流路13、流出流路15から混合流路14に向けて流路幅を徐々に広げて液体の流れに淀みが生じないようにしている。さらに、混合流路14の底面側にはその流路の長手方向に沿って流路を横切るように並ぶ複数条の凸状絞り部14aを形成し、この絞り部14aで混合流路14の断面を局部的に狭めようとしている。

〔0014〕上記の構成において、流入口13a, 13bから個別に供給した液体A, Bは導入流路13において合流した後に混合流路4に流入して混合され、混合液体Cが流出流路15を経て流出口15aから流出する。この場合に、混合流路14の底面にはその流路に沿って複数条の凸状絞り部14aを形成しており、これにより液体A, Bが絞り部14aを通過するたびにその通流方向および垂直方向で流速が繰り返し変化して擾乱流が生じ、これにより液体A, Bの混合が効果的に促進されるようになる。なお、図示例では偏平な混合流路14において2液の接触面積をできるだけ増加させるために、流入口13a, 13bの開口位置を前後方向にずらしており、流入口13aから流入した液体Aにの上面側に流入口13bから液体Bを供給して2液が流路の底面と平行に流れるようにしている。

【0015】次に、前記したマイクロミキサの製作方法を図3(a)～(g)で説明する。まず、セル基板(シリコン基板)11の表裏両面に熱酸化により酸化シリコン膜16を形成する((a)図参照)。この酸化シリコン膜1

20 6は、後記のようにシリコン基板11に導入、混合、流出の各流路、および凸状絞り部をエッチングにより彫り込み加工する際のマスク材料となる。次に、シリコン基板の表面側にレジスト16を塗布し、フォトリソグラフィーにより先記した導入流路13、混合流路14、流出流路15および凸状絞り部14aの形状に対応したマスクをパターン形成する。なお、この場合には絞り部のパターンはシリコン基板の結晶方位(100)に合わせるように設定する。また、絞り部14aのパターン幅Lは、目標とする流路の深さHと、結晶方位(100)面

30 のエッチングレート $\alpha$ および酸化シリコン膜のサイドエッチングレート $\beta$ から決定する。すなわち、所定の流路深さHまでエッチングした時点で絞り部14aのパターンのマスクとなっているシリコン酸化膜16がエッティングされて無くなっているように次式(1)を満たすパターン幅Lを決めておく。

[0016]

$$[式1] L > 2H\beta/\alpha \quad \dots \dots \dots (1)$$

続く工程で、酸化シリコン膜16をバッファードふっ酸に浸漬してマスクをバターニングする（(b) 図参照）。

40 次に、レジスト 17 を剥離し、シリコンの結晶異方性エッチャントである NaOH または TMAH (テトラ・メチル・アンモニウム・ハイドロオキサイド) を約 70 °C 程度に加熱した中に浸漬してエッチングを行う。この異方性エッチングを実施すると、絞り部となる凸部の側壁は基板面に対し約 55° のテーパ面となる ((c) 図参照)。なお、この場合に凸部を垂直な側壁にエッチングしたとすると、ここに流す液体に含まれている気泡、異物が垂直壁のコーナー部に残留し易くなつて流れの障害となるが、結晶異方性エッチングを利用して前記のようにテーパ側壁とすることにより、このような不具合を防ぐ。

ぐことができる。また、絞り部14aの頂面パターンを形成する酸化シリコン膜16については、両側からサイドエッティングが進行するために他の部分のパターンが残留している間にエッティングされ((d)図参照)、さらにエッティングを継続して行うと、エッティングレートが早いシリコンの(100)面が露出するために、絞り部14aの凸部突端からエッティングが早く進行し、その結果として絞り部14aを形成する凸部の高さ $h$ はセル基板11の上面よりも低くなる((e)図参照)。すなわち、絞り部14aの凸部高さ $h$ は絞りのマスクパターン消滅後のエッティング時間で決定される。そして、シリコン基板のエッティングの後に酸化シリコン16を除去する((f)図参照)。

【0017】一方、セル基板11に形成した前記流路の上面を封止するカバー12には、シリコンと同様の熱膨張率を有するアルカリイオンを含むガラスを用いるものとし、カバー12には流入口13a、13bおよび排出口15aとなる貫通穴を機械加工やサンドblastなどの方法で穿孔しておく。そして、シリコン基板およびガラス板を洗浄して基板の表面に付着したパーティクルを除去した後、シリコン基板とガラス板とを重ね合わせて約400°Cに加熱し、さらにガラス板に-400Vの直流電圧を印加して陽極接合する((g)図参照)。最後に、セルの液体流入口13a、13bおよび排出口15aに配管用の接続口を取付けてマイクロミキサが完成する。

【0018】【実施例2】次に、図2(a),(b)に本発明の応用実施例の構成を示す。すなわち、複数基のマイクロミキサを使って多種の液体を同時に混合するミキサ装置では、各基のマイクロミキサを上下に積層することで占有スペースが小さくなり、装置全体の小型化に寄与できる。

【0019】そこで、この実施例では図2に示すように、液体A、Bの流入口13a、13b、および混合液体Cの出口15aをセル10の前後端面に開口し、セル同士を上下に重ね合わせて積層できるようにしている。また、図示構成では、流入口13aと13bの間に段差を設定し、流入口13aから流入した液体Aにの上面側に流入口13bから流入した液体Bが流れるようにして液体AとBとの接触面積を増加させるようにしている。

【0020】なお、図1、図2の実施例は2種類の液体A、Bを混合する2液混合用のマイクロミキサについて例示したが、同様なセル構成で液体の流入口の数を増やすことにより、3種類以上の液体を混合されるマイクロ

ミキサを構成することが可能である。

#### 【0021】

【発明の効果】以上述べたように、本発明のマイクロミキサによれば、セル内に各液体と個々に対応する導入流路、混合流路および流出流路を形成するとともに、混合流路はその流路幅を導入流路、流出流路よりも拡大した偏平状流路となし、かつその流路に沿って局部的に流路断面を狭める複数の絞り部を直列に並べて形成したことにより、外部から供給した複数種類の液体をセル内に形成した微小な混合流路で効果的、かつ速やかに混合させることができ、化学分析装置の小型化、試料、試薬の消費量低減、および分析の高速化が可能となる。

10 【0022】また、前記セルをセル基板と該基板の上面にカバーを重ね合わせた積層体で構成し、かつその混合流路をセル基板の上面側に凹状に彫り込んで形成するとともに、該混合流路に沿ってその底面側には流路を横切る方向に延在する複数条の凸状絞り部を形成したことにより、セル基板(シリコン基板)に対してその片側面からエッティング加工を行うだけで各流路および凸状絞り部を形成することができ、これにより簡単な工程での製作が実現できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1に対応するマイクロミキサの構成図で、(a)はセル基板の平面図、(b)はセルの側視断面図

【図2】本発明の実施例2に対応するマイクロミキサの構成図で、(a)はセル基板の平面図、(b)はセルの側視断面図

30 【図3】図1のマイクロミキサの加工工程図で、(a)～(g)はその工程順における加工の状態を表す図

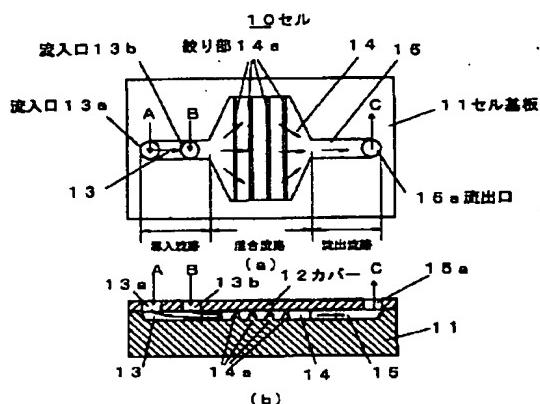
【図4】従来例の化学分析装置の構成図

【図5】従来例のマイクロミキサのセル構成図

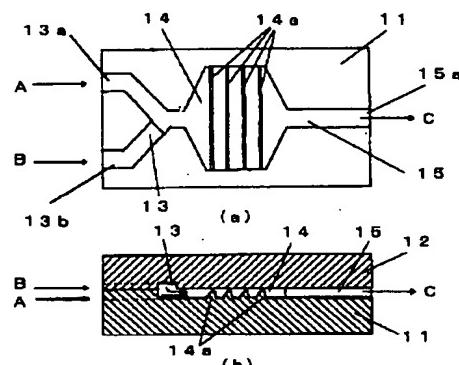
#### 【符号の説明】

10	セル
11	セル基板
12	カバー
13	導入流路
13a, 13b	流入口
14	混合流路
40 14a	凸状絞り部
15	流出流路
15a	出口
A, B	液体
C	混合液体

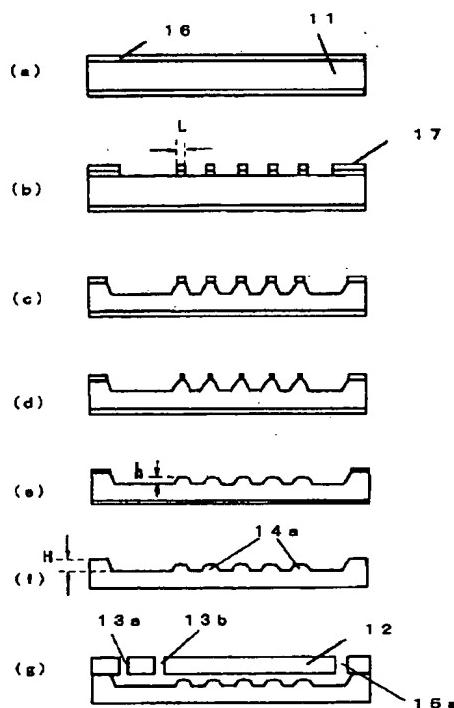
【図1】



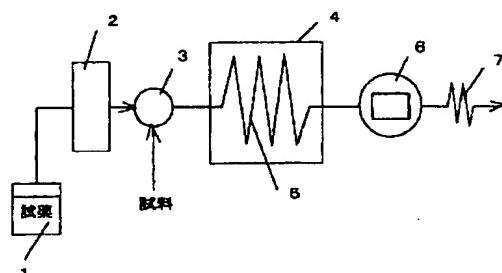
【図2】



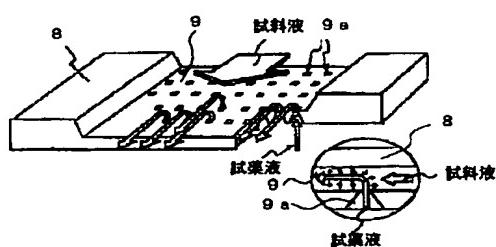
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int.CI.7

G 01 N 37/00

識別記号

101

F I

G 01 N 35/06

マークド (参考)

J